

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 15 日 (15.09.2005)

PCT

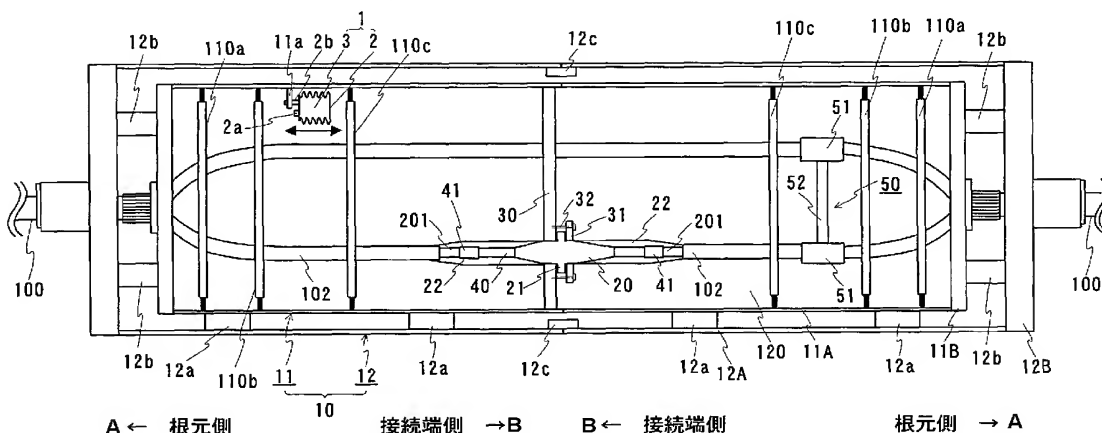
(10) 国際公開番号  
**WO 2005/086307 A1**

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: **H02G 15/24, H01B 12/02** (74) 代理人: 中野 稔, 外 (NAKANO, Minoru et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目 1 番 3 号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002418
- (22) 国際出願日: 2005 年 2 月 17 日 (17.02.2005) (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2004-060757 2004 年 3 月 4 日 (04.03.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 芦辺 祐一 (ASHIBE, Yuuichi). 増田 孝人 (MASUDA, Takato).
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[ 続葉有 ]

(54) Title: CONNECTION STRUCTURE OF SUPERCONDUCTING CABLE

(54) 発明の名称: 超電導ケーブルの接続構造



A... ROOT SIDE  
B... CONNECTING END SIDE

(57) Abstract: A connection structure of a superconducting cable comprising a connecting box for containing the terminal part of the superconducting cable having a superconductor, refrigerant filled in the connecting box to cool the terminal part, and a pressure regulating section arranged in the connecting box and capable of regulating the pressure by deforming according to pressure variations in the connecting box.

(57) 要約: 超電導導体を有する超電導ケーブルの端部が収納される接続箱と、接続箱内に満たされて端部を冷却する冷媒と、接続箱内に配置されて、接続箱内の圧力変化に追従して変形することにより圧力を調整可能な圧力調整部とを具える超電導ケーブルの接続構造を提供する。

WO 2005/086307 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

## 明 細 書

### 超電導ケーブルの接続構造

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、超電導導体を有する超電導ケーブルの接続構造、及びこの接続構造を具える超電導ケーブル線路に関するものである。特に、短絡などの事故により接続箱内の圧力が変化した際、圧力変化を緩和することができ、接続箱や超電導ケーブルの破壊を防止することができる超電導ケーブルの接続構造に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] 従来、Bi系高温超電導テープ線などからなる超電導導体を具えた超電導ケーブルにおいて、ケーブルコアを一本具える単相ケーブルだけでなく、複数のケーブルコアを一括にした多心一括型の多相ケーブルが開発されつつある。図3は、三心一括型の三相超電導ケーブルの断面図である。以下、図中の同一符号は、同一物を示す。この超電導ケーブル100は、断熱管101内に3本のケーブルコア102を撚り合わせて収納させた構成である。
- [0003] 断熱管101は、外管101aと内管101bとからなる二重管の間に断熱材(図示せず)が配置され、かつ二重管内が真空引きされた構成である。各ケーブルコア102は、中心から順にフォーマ200、超電導導体201、電気絶縁層202、シールド層203、保護層204を具え、内管101bと各ケーブルコア102とで囲まれる空間103が冷媒の流路となる。
- [0004] 上記多相の超電導ケーブルや単相の超電導ケーブルを用いて長距離に亘る電力線路を構築する場合、線路途中には、超電導ケーブル同士を接続する中間接続構造が構築され、線路端部には、常温側と超電導ケーブルとを接続する終端接続構造が構築される。これら接続構造は、通常、超電導ケーブルの端部と、この端部を収納する接続箱とを具え、接続箱内には、上記端部を冷却するために液体窒素などの冷媒が充填される。接続箱もケーブルと同様に二重槽からなる断熱構造を具えており、内側に冷媒が満たされる冷媒槽、冷媒槽の外側に断熱槽を具える(特許文献1参照)。

[0005] 特許文献1:特開2000-340274号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、従来の接続構造では、短絡事故などが発生した場合、接続箱や超電導ケーブルが破壊される恐れがあるという問題がある。

[0007] 超電導ケーブルは、上記のように液体窒素などの冷媒により冷却されて利用される。そのため、短絡などの事故により超電導状態を維持できず常電導に転移する、いわゆるクエンチが生じて超電導導体などが発熱し、このときの温度上昇により、液体窒素などの液体冷媒が爆発的に気化することで、超電導ケーブルや接続箱が破壊される恐れがある。そこで、超電導ケーブル線路には、通常、通電を遮断する遮断機を具備しており、短絡などが生じた際、通電の遮断を行うことで発熱を低減し、ケーブルや接続箱の損傷を防止する。しかし、完全に遮断されるまでには極僅かではあるが時間がかかるため、この時間に液体冷媒が気化する恐れがあり、この気化により接続箱内の圧力が上昇して超電導ケーブルや接続箱が破壊される可能性がある。

[0008] 本発明者らは、液体冷媒が気化した際に接続箱内の圧力を調整するべく、接続箱に調整弁を設けることを検討した。しかし、調整弁は、接続箱を構成する冷媒槽と断熱槽間に亘って配置されるため、(1)調整弁において断熱槽から突出した部分の周囲にある水分が凍結して圧力調整機能を果たさない恐れがある、(2)接続構造の組立作業性を悪くする恐れがある、(3)冷媒槽内への侵入熱が大きくなる恐れがある、(4)断熱槽の外周に防食層を設けることが困難である、といった不具合があるとの知見を得た。

[0009] (1)調整弁は、一端を冷媒槽内に、他端を断熱槽から突出させて配置させるため、冷媒槽内の冷媒により冷却される。そのため、接続箱(断熱槽)から突出させた調整弁の他端側に大気中の水蒸気が接触すると、水滴となり更には凍結したり、接続箱がマンホール内の水没する場所に配置された場合、調整弁の他端側に接触する水分が凍結したりすると、圧力調整機能を十分に果たせない恐れがある。

[0010] (2)接続構造を構築する際、通常、超電導ケーブル同士の接続や、ケーブルと常温側との接続作業を行い易くするために、冷媒槽と断熱槽とを別々にずらした状態で

行う。しかし、調整弁を配置すると、冷媒槽と断熱槽とが調整弁の配置箇所で連結されてしまうため、ずらすことができず、組立作業性が悪くなったり、接続構造が大型化するという問題が生じる。

[0011] (3)接続箱において調整弁の配置箇所には、冷媒槽と断熱槽間を熱伝導性のよい金属管などで接続する必要がある。すると、この金属管により大気からの侵入熱が大きくなる恐れがある。

[0012] (4)接続箱は、防食性と強度に優れるステンレスなどの材料にて形成されるが、防食性をより高めるために、一般に、箱の外周に防食層を設けている。しかし、調整弁を設けると、接続箱から突出した部分が生じるため、防食層を設けることが困難となる。

[0013] そこで、本発明の主目的は、短絡などの事故が生じた場合であっても、超電導ケーブルや接続箱の破壊をより確実に防止することができる超電導ケーブルの接続構造を提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記接続構造を具える超電導ケーブル線路を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0014] 本発明は、接続箱内に接続箱内の圧力の調整が可能な部材を配置することで上記の目的を達成する。

[0015] 即ち、本発明超電導ケーブルの接続構造は、超電導導体を有する超電導ケーブルの端部が収納される接続箱と、前記接続箱内に満たされて前記端部を冷却する冷媒と、前記接続箱内に配置されて、接続箱内の圧力変化に追従して変形することにより圧力を調整可能な圧力調整部とを具えることを特徴とする。

[0016] そこで、本発明は、接続箱を構成する内槽(冷媒槽)と外槽(真空断熱槽)間に亘って圧力調整機構を設けるのではなく、接続箱の外部(大気など)と接触しないように接続箱内、特に内槽内に圧力調整機構を配置して、事故時、接続箱内の圧力上昇により超電導ケーブルや接続箱の破壊を防止すると共に、上記(1)～(4)の不具合を解消する。

#### 発明の効果

[0017] 上記構成を具える本発明は、短絡などの事故が生じた際、接続箱内の圧力を調整することができるため、圧力上昇による超電導ケーブルや接続箱の破壊を防止するこ

とができるという優れた効果を奏する。特に、本発明では、圧力調整部を接続箱内に配置して、箱外に突出部分を設けないため、十分な調整機能を維持することができるだけでなく、外部からの熱侵入を防止できる、組立作業性に優れる、防食層の形成が容易であるといった利点も有する。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、本発明超電導ケーブルの接続構造を示す概略構成図であり、中間接続を示す。

[図2]図2は、本発明超電導ケーブルの接続構造を示す概略構成図であり、終端接続において分岐部分を示す。

[図3]図3は、三心一括型の三相超電導ケーブルの断面図である。

### 符号の説明

- [0019] 1 圧力調整部 2 筐体 2a 供給部 2b 固定部 3 気体  
10 中間接続箱  
11 冷媒槽 11A 筒状部材 11B 端面板 11a 取付部  
12 断熱槽 12A 筒状部材 12B 端面板  
12a 支持治具 12b 固定具 12c リング状部材  
20 固体絶縁部材 21 突起部 22 補強層  
30 金属フランジ 31 押えフランジ 32 固定金具  
40 中間接続部材 41 スリーブ部  
50 シールド接続部 51 円筒状部材 52 連結部材  
60 分岐箱 70 断熱管 71 端末部  
100 三相超電導ケーブル 101 断熱管 101a 外管 101b 内管  
102 ケーブルコア 103 空間 104 防食層 110a～110c 保持具  
110d 半円弧状部材  
120 冷媒  
200 フォーマ 201 超電導導体 202 電気絶縁層 203 シールド層  
204 保護層

発明を実施するための最良の形態

[0020] 以下、本発明をより詳しく説明する。

本発明では、超電導導体を有する超電導ケーブルを対象とする。超電導導体を有するケーブルコアを1本具える単相超電導ケーブルでもよいし、コアを複数具える多相の超電導ケーブルでもよい。多相の場合、例えば、3本のケーブルコアを撚り合わせて断熱管に収納された三心一括型の三相超電導ケーブルが挙げられる。

[0021] 超電導導体は、例えば、Bi2223系超電導材料からなる線材を螺旋状に巻回することで形成するとよく、単層でも多層でもよい。多層とする場合、層間絶縁層を設けてもよい。層間絶縁層は、クラフト紙などの絶縁紙やPPLP(住友電気工業株式会社製、登録商標)などの半合成絶縁紙を巻回して設けることが挙げられる。超電導導体の外周には、PPLP(登録商標)などの半合成絶縁紙を巻回して形成した電気絶縁層を具える。電気絶縁層の外周には、上記超電導導体と同様に構成したシールド層を具えてもよい。

[0022] 上記超電導ケーブルの接続には、一対のケーブルにおいて超電導導体同士を接続する中間接続、超電導導体と常温側とを接続する終端接続がある。本発明は、いずれの接続にも適用できる。いずれの接続においても超電導ケーブルの端部は、接続箱に収納する。中間接続の場合、単相のケーブルでは、ケーブルの端部において超電導導体同士を接続する導体接続部を中間接続箱に収納するとよい。多相のケーブルでは、各相の導体接続部をそれぞれ別個の中間接続箱に収納してもよいし、一つの中間接続箱に全ての相の導体接続部を収納してもよい。相ごとに別個に中間接続を行う場合、相ごとに分岐してから接続するため、接続箱として、分岐部分が収納される分岐箱と、超電導導体同士の接続部分が収納される中間接続箱を具えるとよい。終端接続の場合、単相のケーブルでは、超電導導体と常温側とを接続する終端接続部を終端接続箱に収納するとよい。多相のケーブルでは、通常、相ごとに分岐してから常温側と接続するため、接続箱として、分岐部分が収納される分岐箱と、常温側との終端接続部が収納される終端接続箱が設けられる。本発明では、分岐箱も含むものとする。

[0023] 中間接続の場合、導体接続部の具体的な構成は、一対の超電導ケーブルの端部から露出させた超電導導体と、これら一対の超電導導体を接続する導電性材料から

なる接続部材とで形成することが挙げられる。接続部材は、一対の超電導導体が挿入されるスリーブ部としてもよいし、中間接続部材と、この中間接続部材を介して超電導導体同士を接続するスリーブ部とを具える構成としてもよい。導体接続部の外周には、エポキシユニットなどの固体絶縁部材を配置したり、絶縁補強のためにクラフト紙やPPLP(登録商標)などの絶縁材により補強層を設けておくことが好ましい。固体絶縁部材は、接続箱に固定してもよく、このとき、ケーブルコアの熱収縮に伴って接続箱内における超電導導体の接続箇所の位置がずれるのを防止することができる。

[0024] 終端接続の場合、超電導ケーブルの端部から露出させた超電導導体と、同導体と常温側とを接続する常電導材料からなるリード部とで形成することが挙げられる。

[0025] 接続箱は、超電導ケーブルの端部を冷却する冷媒を充填すると共に、極低温状態を維持できる構成が好ましい。例えば、冷媒が満たされる冷媒槽と、この冷媒槽の外周に配置される断熱槽との二重構造からなる構成が挙げられる。冷媒には、ケーブル部分の冷却に用いられているものと同様のもの、例えば、液体窒素などを利用するとよい。断熱槽は、真空引きなどを行うことで、断熱機能を付与するとよい。また、断熱材を配置してもよい。このような接続箱は、いずれも耐久性のよいステンレスなどの金属にて形成されたものが好ましい。また、接続箱は、円筒状とすると、箱内での加圧冷媒の乱流を抑制することができて好ましい。

[0026] 特に、中間接続の場合、接続箱は、ケーブルの長手方向に分割される分割片を組み合わせて一体に形成される構成とすることが好ましい。このとき、例えば、マンホールのように設置スペースが限られている箇所においても、接続作業が行い易い。具体的には、例えば、ケーブルの長手方向に二分割される一対の半割れ片からなる接続箱を用いる場合、接続する一方のケーブルの根元側(接続端から離れる側)に一方の半割れ片を逃がしておき、他方のコアの根元側にもう一つの半割れ片を逃がしておく。すると、接続する両ケーブルコアの接続端側が露出された状態となるため、接続作業を容易に行うことができる。超電導導体を接続した後、逃がしていた両半割れ片を接続端側に移動させて溶接などにより接続し、一体の接続箱を形成するとよい。

[0027] また、中間接続において多相ケーブルの場合、相ごとに導体接続部を形成するため、複数の導体接続部が存在する。このとき、相ごとに別個の接続箱を用意してもよ



いが、一つの接続箱に収納した場合、接続構造を小型化することができ、設置スペースが少なくて済み、マンホール内などにも十分設置することができる。また、相ごとに中間接続箱を配置する場合、同様の作業を何度も繰り返すため、組み立て作業性が悪いが、一つの接続箱に収納する場合、一度で済むため作業効率の向上を図ることができる。

[0028] そして、本発明では、上記接続箱内に箱内の圧力の変化に追従して変形することで接続箱内の圧力の調整可能な圧力調整部を具える。この圧力調整部は、特に、短絡事故などで箱内の液体冷媒が気化して急激に圧力が変化する際にその変化を緩和できるものが好ましい。このような圧力調整部として、例えば、圧力変化に伴い伸縮する、少なくとも収縮する筐体を具え、この筐体内に接続箱内に満たされる冷媒温度で液化しない気体を封入した構造が挙げられる。筐体は、接続箱内に満たされる冷媒、例えば、液体窒素などの極低温であっても強度に優れる材料、例えば、ステンレスなどの金属にて形成することが好ましい。また、伸縮可能な形状として、例えば、ベローズ管を利用してもよい。上記のように接続箱内の液体冷媒が気化した場合、箱内の圧力は急激に上昇するため、この圧力変化を瞬時に緩和することが望まれる。そこで、圧力変化を極短時間で緩和できるように、瞬時に収縮できる筐体が好ましい。例えば、ベローズ管を用いる場合、厚み、長さ、凹凸の高さなどを適宜変更することで、圧力の緩和量を変更することができる。また、筐体の配置方向を工夫してもよい。例えば、接続箱からより離れたケーブル部分での事故に対して圧力の調整を図る場合、筐体の伸縮方向は、超電導ケーブルの長手方向と等しくなるように筐体を接続箱内に配置することが挙げられる。ケーブル部分でクエンチなどの事故が生じた場合、その事故部分からケーブルの長手方向、即ち、通電方向に温度の上昇が行われる。従って、筐体の伸縮方向をケーブルの長手方向、即ち、通電方向とすることで、圧力変化に対応し易くなる。また、接続箱内での事故に対して圧力の調整を図る場合、筐体の伸縮方向は、超電導ケーブルの径方向と等しくなるように筐体を接続箱内に配置することが挙げられる。接続箱内に収納される超電導導体同士の接続部分や超電導導体と常温側との接続部分でクエンチなどの事故が生じた場合、その事故部分からケーブルの径方向に温度の上昇が行われる。従って、筐体の伸縮方向をケーブル

の径方向とすることで、圧力変化に対応し易くなる。筐体内に封入する気体としては、例えば、ヘリウムや水素が挙げられる。このような気体を封入する際は、接続箱内の圧力と同圧としておく。

[0029] 以下、本発明の実施の形態を図を用いて説明する。なお、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

### 実施例 1

[0030] 図1は、本発明超電導ケーブルの接続構造を示す概略構成図である。本例に示す接続構造は、超電導導体を有するケーブルコア102を複数具える多相超電導ケーブルの中間接続構造である。この接続構造は、超電導ケーブル100の端部が収納される中間接続箱10と、この箱10内に満たされて上記端部を冷却する冷媒120と、箱10内に配置されて、箱10内の圧力を調整可能な圧力調整部1とを具える。以下、各構成を詳しく説明する。

[0031] (超電導ケーブル)

本例では、3本のケーブルコア102を具える三心型一括型の三相超電導ケーブル100を示す。図1では、側面方向からみているため2本しか示されていないが、平面方向からみると3本具えている。超電導ケーブル100は、図3に示すものと同様の構成のものである。即ち、中心から順にフォーマ、超電導導体、電気絶縁層、シールド層、保護層を具えるケーブルコア102を3本撚り合わせて断熱管内に収納された構成のものである。フォーマは、絶縁被覆された銅線を複数本撚り合わせたものを用いた。超電導導体及びシールド層は、それぞれフォーマの外周、電気絶縁層の外周にBi2223系超電導テープ線(Ag-Mnシース線)を多層に螺旋状に巻回して構成した。電気絶縁層は、超電導導体の外周に半合成絶縁紙(住友電気工業株式会社製PPLP:登録商標)を巻回して構成した。保護層は、シールド層の外周にクラフト紙を巻回して構成した。断熱管は、SUSコルゲート管を用い、外管と内管間に断熱材を多層に配置して真空引きした真空多層断熱構造とした。この内管と各ケーブルコア102間に液体窒素などの冷媒を流通させている。断熱管の外周には、ポリ塩化ビニルからなる保護層を設けている。

[0032] (中間接続箱)

上記超電導ケーブル100の端部が中間接続箱10に導入されて接続される。本例では、一対の三相超電導ケーブル100から引き出された各相のケーブルコア102の超電導導体201を接続する三つの導体接続部を一つの中間接続箱10に収納している。中間接続箱10は、冷媒120が充填されてケーブルの端部(導体接続部)が収納される冷媒槽11と、この冷媒槽11を収納する断熱槽12とを具える二重構造である。本例において冷媒槽11及び断熱槽12は、ケーブルコア102の長手方向に分割可能な半割れ片を組み合わせて一体化する構成のものをを用いた。例えば、設置場所がマンホール内の場合、マンホールの大きさは、一般に、長さ5〜6m×奥行き5〜6m×高さ2m程度であり、接続箱10は、長さ4mほどである。そのため、接続箱を分割できない一体構成とすると、マンホールへの導入が困難であるだけでなく、マンホール内での接続作業が行いにくい。また、導体接続部は、接続箱の中央部近傍に配置することが好ましいが、一体の接続箱を一方のケーブル100の根元側に逃がして超電導導体の接続作業を行うとすると、接続箱の逃し代を大きくとる必要があるだけでなく、箱を逃がした側と反対側で導体接続部が形成されるため、接続作業後、箱を導体接続部側に移動させると、導体接続部は、箱内の一方側(接続作業を行った側)に偏って配置される恐れがある。これに対し、ケーブルコア102の長手方向に分割可能な半割れ片を組み合わせる構成とすると、半割れ片は、2m程度とすることができるため、マンホール内への導入が行い易く、逃し代も小さくすることができる。かつ、接続する両ケーブル100の根元側にそれぞれ半割れ片を逃がしておくことで、導体接続部を形成後、導体接続部を中間接続箱10の中央部近傍に容易に配置することができる。また、本例の中間接続箱10は、加圧冷媒の流通による圧損を抑制するべく円筒状とした。

[0033] <冷媒槽>

冷媒槽11には、導体接続部を冷却するために液体窒素などの液体冷媒が充填される。本例において冷媒槽11は、ステンレスにより形成した。この冷媒槽11を構成する各半割れ片は、両端が開口した筒状部材11Aと、筒状部材11Aの一端に取り付けられる端面板11Bとを具えるもので、筒状部材11Aの一端に端面板11Bを取り付けると共に、筒状部材11Aの開いた他端同士を接続することで、図1に示すような閉空間を構成する。筒状部材11Aの接続は、溶接などにより行う。

## [0034] &lt;断熱槽&gt;

断熱槽12には、上記冷媒槽11が収納される。本例において断熱槽12は、ステンレスにて形成した。また、本例では、冷媒槽11と断熱槽12間を真空引きすることで断熱を行う。この断熱槽12を構成する各半割れ片は、両端が開いた筒状部材12Aと、筒状部材12Aの一端に取り付けられる端面板12Bとを具えるもので、筒状部材12Aの一端に端面板12Bを取り付けると共に、筒状部材12Aの開いた他端同士を接続することで、図1に示すような閉空間を構成する。筒状部材12A同士の接続は、溶接などにより行う。本例では、筒状部材12A同士を接続し易いように筒状部材12Aの内周面にリング状部材12cを配置している。そのほか、断熱槽12内には、冷媒槽11の自重を支持する支持治具12a、断熱槽12内における冷媒槽11の長手方向の位置を固定する固定具12bをそれぞれ配置している。支持治具12aは、冷媒槽11の筒状部材11Aの外周及び断熱槽12の筒状部材12Aの内周に沿った円弧状であり、強度に優れるステンレスにて形成した。固定具12bは、冷媒槽11の端面板11Bに当接できる大きさのリング状であり、熱伝導しにくいFRPにて形成した。

## [0035] (圧力調整部)

そして、本発明は、冷媒槽11内に圧力調整部1を具える。本例では、圧力調整部1として、冷媒槽11内の圧力変化に伴い伸縮可能な筐体2と、筐体2内に封入されて冷媒槽11に充填される冷媒120の温度で液化しない気体3とを具える構成である。筐体2は、ステンレス製のベローズ管を用いた。このベローズ管は、極短時間に起こる圧力変化によって収縮(変形)が可能なように、管の厚み、凹凸の大きさ、管の長さを調整したものを利用するとよい。即ち、ベローズ管の収縮率が圧力調整可能範囲となる。また、ベローズ管の各開口部にそれぞれステンレス製の板材を溶接にて取り付け、気体3を封入可能な構成とした。一方の板材には、気体3を導入するための供給口2aを設けると共に、冷媒槽11内に固定するための固定部2bを設けている。冷媒槽11には、固定部2bを取り付けるための取付部11aを設けており、ボルトなどの締め付け金具により固定部2bをとめつけることで冷媒槽11内に圧力調整部1を固定する。本例では、筐体2の伸縮方向(図1において矢印で示す方向)を超電導ケーブルの長手方向(図1において左右方向)と等しくなるように筐体2を取り付けている。この配置により、例え

ば、中間接続箱10から離れたケーブル部分でクエンチなどの事故が生じた場合、圧力調整部1が収縮し易く、圧力変化時により早く変形することができる。気体3は、ヘリウムガスを用いた。気体3を筐体2に封入する際、筐体2内の圧力が冷媒120の圧力と等しくなるように調整して密閉する。

[0036] 上記構成により、短絡などの事故が生じて超電導導体が発熱し、この熱により周囲の冷媒が気化されて中間接続箱10内の圧力が上昇しても、圧力調整部1が収縮することで上昇を低減し、箱10内の圧力を緩和することができる。そのため、圧力の上昇に伴い、超電導ケーブルや中間接続箱10が破壊されるのを効果的に防止することができる。特に、本発明では、圧力調整部1を中間接続箱10内に配置し、箱10から突出させない構成としているため、突出させた構成と比較して、圧力調整機能を十分に維持することができる、組立作業性がよい、圧力調整部を設けても外部からの熱侵入を増加させることがない、箱の外周に防食層を設けやすい、といった効果も奏する。

[0037] 以下、図1に示す接続構造のその他の構成を説明する。

(保持具)

上記超電導ケーブル100は、撚り合わされた状態で断熱管に収納され、中間接続箱10に導入される端部において、各ケーブルコア102は、それぞれ別個に取り扱い易くするべく、各コア102間の間隔を根元側から接続端側に向かって広げられて分岐されて箱10に収納される。本例では、各ケーブル100において、ケーブルコア102の長手方向(図1において左右方向)に沿って根元側に第一保持具110a、接続端側に第三保持具110c、中間部に第二保持具110bを配置している。第一保持具110aと第二保持具110b間には、半円弧状部材(図示せず)を配置してケーブルコア102を保持すると共に、両保持具110a、110bを連結している。第三保持具110cは、他の保持具110a、110bと連結されていない。第一保持具110aは、中心に環状部を具え、この環状部の外周に三つの半円弧状部材が固定され、3本のケーブルコア102で囲まれる空間のほぼ中心部に環状部の中心が位置するようにコア102間に配置して、コア102間の間隔を広げた状態に保持する。第二保持具110b、第三保持具110cの基本的構成は、第一保持具110aとほぼ同様の構成であり、環状部の径を第一保持具110aよりも大きくしている点が異なる。また、これら保持具110a〜110cは、ケーブルコア102の

伸縮に伴って接続箱10内を移動できるように、箱10の内周面にほぼ点接触するような摺動部を具える。この摺動部は、環状部の外周で半円弧状部材を固定していない個所に取り付けている。なお、本例において保持具は、中間接続箱10内を移動可能な構成としたが、箱10内に固定してもよい。

[0038] (導体接続部)

本例では、各導体接続部の外周にそれぞれ固体絶縁部材20を配置し、金属フランジ30を介してこれら固体絶縁部材20を接続箱10に対して固定している。導体接続部は、各相のケーブルコア102から露出させた超電導導体201の端部と、これら端部の中間に配置されて両者を接続する中間接続部材40と、導体201の端部と中間接続部材40とを連結するスリーブ部41とから構成される。中間接続部材40、スリーブ部41は、銅やアルミニウムなどの冷媒120の温度であっても強度に優れる導電性材料にて形成した。なお、図1では、下方のケーブルコア102にのみ導体接続部を示しているが、他の二つのケーブルコアについても同様の導体接続部を設けている。

[0039] <固体絶縁部材>

中間接続部材40の外周には、エポキシ樹脂製の固体絶縁部材20を配置している。この固体絶縁部材20には、金属フランジ30に固定し易いように、その周方向にリング状の突起部21を一体に形成しており、固定金具32によりフランジ30に固定する。

[0040] <補強層>

上記導体接続部の外周には、図1に示すように絶縁性を補強するための補強層22を具える。本例において補強層22は、クラフト紙を巻回することにて形成した。

[0041] <金属フランジ>

上記固体絶縁部材20は、金属フランジ30を介して接続箱10(冷媒槽11)に固定する。本例において金属フランジ30は、接続箱(冷媒槽11)の形状に適合した円盤状であり、溶接により冷媒槽11に固定している。この金属フランジ30には、平面部に3つの固定孔を具え、各固定孔にそれぞれ固体絶縁部材20を挿通し、突起部21を押えフランジ31で押さえ、固定金具32によりフランジ30に固体絶縁部材20を固定する。また、金属フランジ30には、冷媒120の流通が可能なように冷媒流通孔を設けてもよい。金属フランジ30及び押えフランジ31は、強度に優れるステンレス(SUS304)により形成した。

[0042] このように冷媒槽11に固着した金属フランジ30に固体絶縁部材20を固定することで、冷媒により冷却されてケーブルコア102が収縮しても、導体接続部がコア102の長手方向に移動するのを抑制できる。また、固体絶縁部材20の固定により中間接続箱10内における超電導導体の位置が決められるため、布設時の偏りなどを防止することができる。従って、この構成では、導体接続部の位置を所望の位置(例えば、設計位置)に保持することができる。

[0043] (シールド層の処理)

その他、本例では、各超電導ケーブル100から引き出されたケーブルコア102のシールド層同士をシールド接続部50にて接続し、短絡させている。この構成により、各ケーブルコア100の外部に漏れ磁場が発生しにくい。

[0044] 本例に示すシールド接続部50は、ケーブルコアのシールド層の外周に配置される円筒状部材51と、円筒状部材51同士を連結する連結部材52とを組み合わせた構成である。本例においてシールド接続部50は、銅にて形成した。特に、連結部材52は、可とう性を有する編組材を用いており、中間接続箱10内といった限られたスペース内であっても、円筒状部材51と連結部材52との接続を容易に行えたと共に、組み立て作業の際に生じる寸法のずれを吸収できる。また、本例においてシールド層203と円筒状部材51とは、低融点ハンダにて接続した。具体的には、融点が約78℃のハンダ(化学成分;Sn:17質量%、Bi:57質量%、In:26質量%)を用いた。

[0045] 本例では、シールド接続部の材料として常電導材料を用いたが、超電導材料を用いてもよい。例えば、円筒状部材は、上記銅製のものを用い、連結部材を超電導材料としてもよい。具体的には、パウダーインチューブ法により形成した丸線を複数本用意し、この丸線により円筒状部材間を接続してもよい。また、本例では、シールド接続部を接続箱10内において一箇所には設けているが、各ケーブル側にそれぞれ一箇所ずつ、合計二箇所には設けてもよいし、シールド接続部を設けない構成としてもよい。

[0046] なお、上記シールド接続部を設ける場合、一方のケーブルのシールド層と、他方のケーブルのシールド層とを接続するシールド接続部を設けることが好ましい。シールド接続部は、銅編組材が好ましく、一方のケーブルのシールド層から、補強層22及び

固体絶縁部材20を介して他方のケーブルのシールド層に亘って配置し、各シールド層とそれぞれハンダにて接続することが挙げられる。このシールド接続部も常電導材料でも、超電導材料を用いてもよい。

## 実施例 2

[0047] 実施例1では、中間接続構造について説明したが、本発明は、終端接続構造であってもよい。図2は、本発明超電導ケーブルの接続構造を示す概略構成図であり、終端接続における分岐部分を示す。この接続構造の基本的構成は、上記実施例1と同様であり、接続箱が超電導ケーブル100の各相を広げた状態に保持する分岐箱60になった点が異なる。即ち、この接続構造は、超電導ケーブル100の分岐部分が収納される分岐箱60と、この箱60に満たされて分岐部分を冷却する冷媒120と、箱60内に配置されて、箱60内の圧力変化に伴って変形することで圧力を調整可能な圧力調整部1を具える。

[0048] この構成により、実施例1と同様の効果を奏する。即ち、短絡などの事故により、冷媒120が気化して分岐箱60内の圧力が大きくなっても、圧力調整部1が収縮することで上昇を低減し、箱60内の圧力を緩和でき、超電導ケーブルや分岐箱60の破壊を防止できる。

[0049] 以下、図2に示す接続構造のその他の構成を説明する。

分岐箱60は、中間接続箱10と同様に冷媒槽と断熱槽とを具える二重構造であり、冷媒槽と断熱槽間を真空引きしている。この箱60内に導入された超電導ケーブル100は、保持具によりケーブルコア102間を広げた状態で保持される。保持具は、ケーブルコア102の長手方向(図2において左右方向)に沿って根元側に第一保持具110a、接続端側に第二保持具110b、第一保持具110aと第二保持具110b間には、半円弧状部材110dを配置している。また、実施例1と同様にシールド接続部50にてシールド層の処理を施している。分岐箱60から引き出された各ケーブルコア102の外周にはそれぞれ、二重のステンレス製コルゲートからなる断熱管70を配置しており、管70内には、冷媒120が満たされる。各ケーブルコア120の端部には、接続機器などと接続可能な端末部71を具えている。

[0050] 本例では、分岐箱60内に圧力調整部1を配置する構成としたが、終端箱内に配置



してもよい。また、上記実施例2では、圧力調整部1の伸縮方向(図2において矢印に示す方向)をケーブルの径方向と等しくなるように筐体2を分岐箱60に取り付けている。この配置により、例えば、分岐箱60内でクエンチなどの事故が生じた場合、圧力調整部1が収縮し易く、圧力変化時により早く変形することができる。なお、実施例1と同様にケーブルの長手方向と等しくなるように配置してもよい。

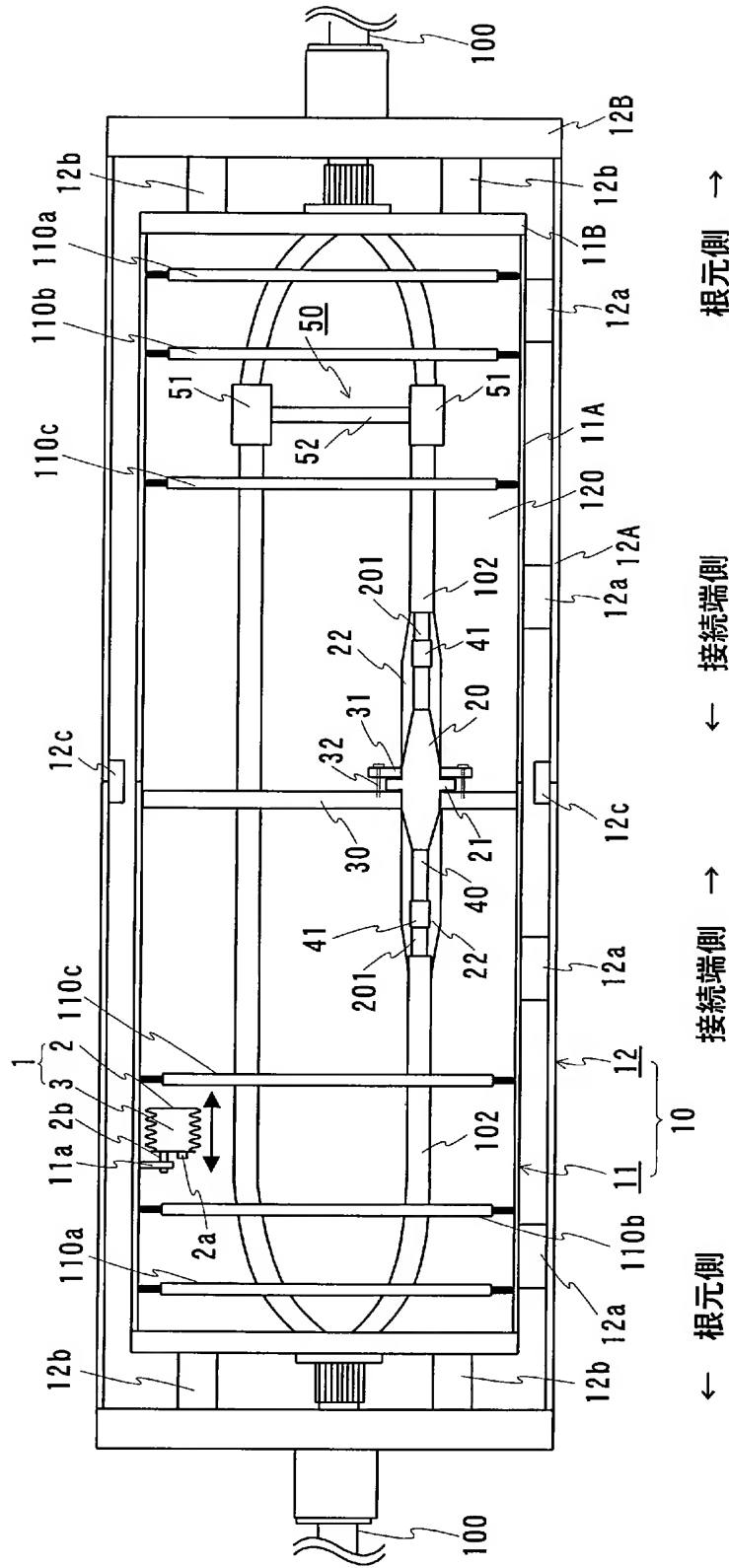
#### 産業上の利用可能性

[0051] 本発明接続構造は、超電導ケーブルの中間接続や終端接続の構築に好適である。また、このような接続構造を具える超電導ケーブル線路の構築に適する。

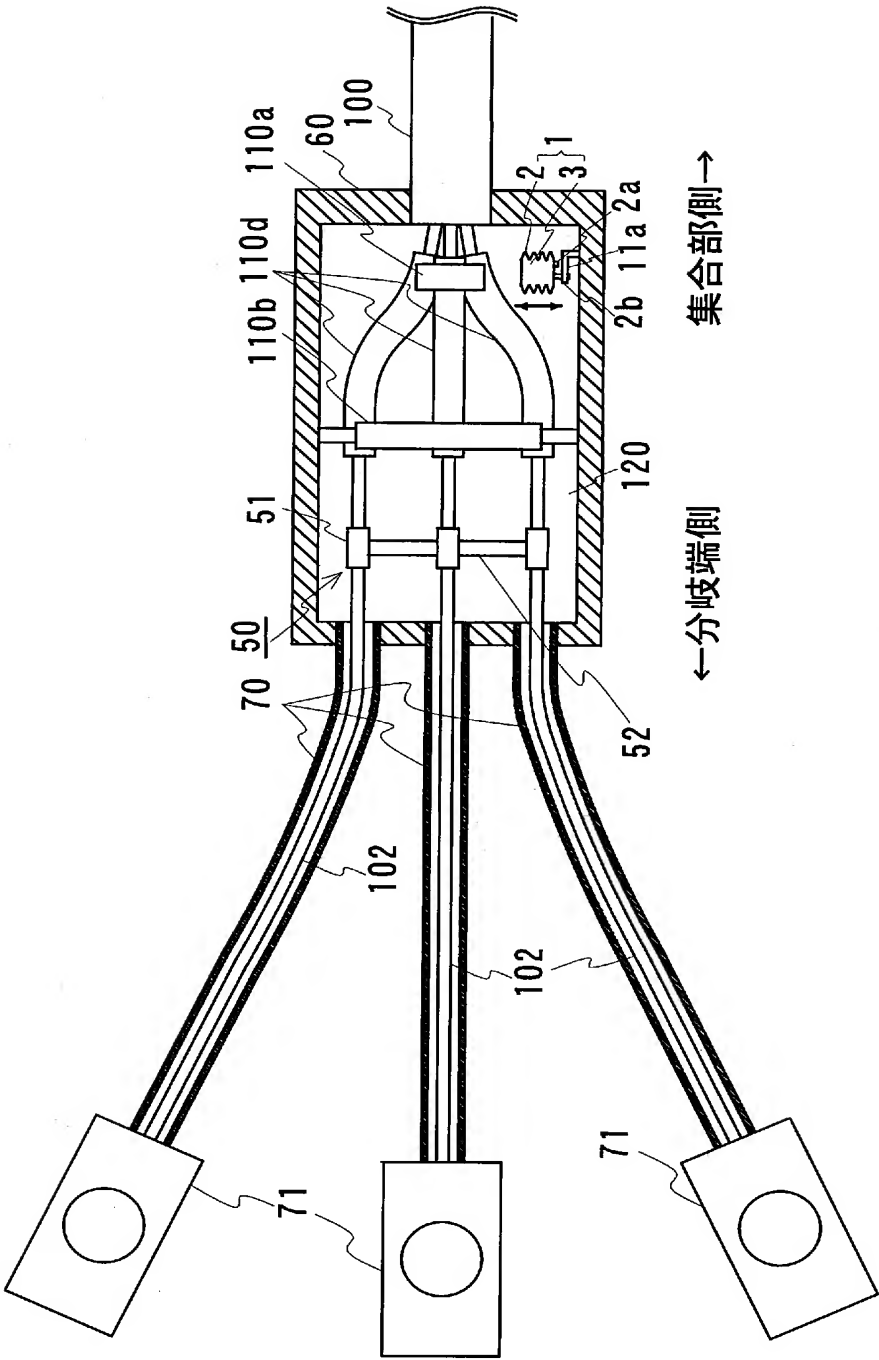
### 請求の範囲

- [1] 超電導導体を有する超電導ケーブルの端部が収納される接続箱と、  
前記接続箱内に満たされて前記端部を冷却する冷媒と、  
前記接続箱内に配置されて、接続箱内の圧力変化に追従して変形することにより  
圧力を調整可能な圧力調整部とを具えることを特徴とする超電導ケーブルの接続構造。
- [2] 圧力調整部は、  
圧力変化に伴い伸縮する筐体と、  
筐体内に封入されて接続箱内の冷媒温度で液化しない気体とを具えることを特徴とする請求項1に記載の超電導ケーブルの接続構造。
- [3] 筐体の伸縮方向が超電導ケーブルの長手方向と等しくなるように接続箱内に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の超電導ケーブルの接続構造。
- [4] 筐体の伸縮方向が超電導ケーブルの径方向と等しくなるように接続箱内に配置されていることを特徴とする請求項2に記載の超電導ケーブルの接続構造。
- [5] 請求項1〜4のいずれかに記載の超電導ケーブルの接続構造を具えることを特徴とする超電導ケーブル線路。

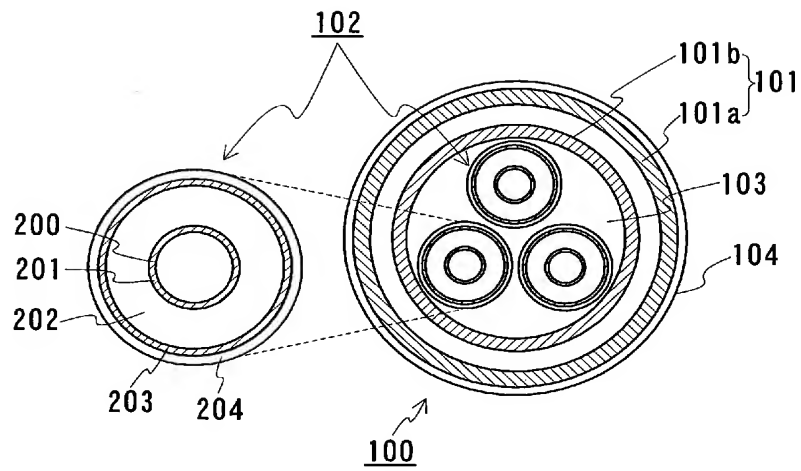
[図1]



[図2]



[図3]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002418

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> H02G15/24, H01B12/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> H02G15/20-15/34, H01B12/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2002-534052 A (PIRELLI CAVI E SISTEMI S.p.A.), 08 October, 2002 (08.10.02), Fig. 2 & WO 2000/39811 A1	1, 5 2-4
Y	JP 9-55127 A (Fujikura Ltd.), 25 February, 1997 (25.02.97), Fig. 1 (Family: none)	1, 5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 May, 2005 (25.05.05)

Date of mailing of the international search report

07 June, 2005 (07.06.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H02G15/24, H01B12/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H02G15/20-15/34, H01B12/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y  A	JP 2002-534052 A (ピレリー・カビ・エ・システ ミ・ソチエタ・ペル・アツィオーニ)、2002. 10. 08 Fi g. 2 & WO 2000/39811 A1	1, 5  2-4
Y	JP 9-55127 A (株式会社フジクラ)、1997. 02. 25、図1 (ファミリーなし)	1, 5

□ C欄の続きにも文献が列挙されている。

□ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 05. 2005

国際調査報告の発送日

07. 6. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大塚 良平

電話番号 03-3581-1101 内線 3546

5B

8627